IX.

Versuche über den Stillstand des Zwerchfells durch Reizung des Nervus vagus in Contraction und in Erschlaffung.

Von

H. Aubert und A. v. Tschischwitz in Breslau *).

Der Versuch von Traube, wonach Reizung des centralen Vagusstumpfes bei Kaninchen Stillstand des Zwerchfelles hervorbringt, ist in den letzten drei Jahren vielfach wiederholt worden, indess haben die verschiedenen Experimentatoren widersprechende Angaben über den Punkt gemacht, ob das Zwerchfell in Inspiration oder in Exspiration stehen bleibt. Für den Stillstand des Zwerchfelles in Contraction oder in Inspiration haben sich Traube (Preuss. Vereinszeitung 1847), Lindner (De nervorum vagorum in respirationem efficacitate Diss. inaug. Berol. 1854), Kölliker und Müller (Würzburger Verhandlungen 1855, p. 234), Snellen (Schmidt's Jahrbücher Bd. 87, p. 161), entschieden, während ein Stillstehen des Zwerchfelles in Erschlaffung oder in mässiger Exspiration von Eckhard (Grundzüge einer Physiologie des Nervensystems p. 136) angenommen wird. Helmolt (Ueber die reflectorischen Beziehungen des Nervus vagus etc. Inauguraldissertation, Giessen 1856) hat dagegen meist Stillstand in Inspiration beobachtet, und nur zum Schluss

*) Conf. v. Tschischwitz: Nervis vagis irritatis diaphragma num in inspiratione an in exspiratione sistitur? Diss. inaug. Vratislav 1857.

wird in einer Anmerkung erwähnt, dass auch ein Exspirationsstillstand bei sehr starken Reizen nicht selten beobachtet worden sei.

Bei diesem Stande der Frage mochten wir uns nicht damit zufrieden geben, „dass die Erfolge der Reizung der centralen Enden der Vagi auf die Athembewegungen sehr verschieden sind", was sich begreifen lassen soll, „wenn man bedenkt, dass die Athembewegungen aus zweierlei Actionen sich zusammensetzen". (Würzburger Verh. l. c. p. 234.) Im Gegentheil schien uns die Untersuchung der Bedingungen zum Stillstande des Zwerchfelles in Inspiration oder in Exspiration um so wünschenswerther, als bei einer Vergleichung dieser aufgehobenen Bewegungen des Zwerchfelles mit denen des Herzens Eckhard auf seine Versuche gestützt ganz andere Schlüsse gezogen hat, als Pflüger (Ueber das Hemmungsnervensystem 1857), welcher sich an die Traube'schen und Lindner'schen Beobachtungen hält.

Unsere Versuche haben nun im Allgemeinen ergeben:

1) dass sehr schwache Ströme des Inductionsapparates eine Beschleunigung oder eine Verlangsamung des Athmungsrythmus bewirken oder gar keine Reaction veranlassen;
2) dass stärkere Ströme einen Stillstand des Zwerchfells in Inspiration oder in Contraction,
3) sehr starke Ströme einen Stillstand des Zwerchfelles in Exspiration oder in Erschlaffung herbeiführen.

Dies ist das Ergebniss von Versuchen an etwa 20 Kaninchen, von denen 12 Versuche mit allen Nebenumständen genau notirt wurden. Wir verfuhren dabei so, dass wir zuerst die beiden Vagi mit grösster Schonung bloslegten und zwar in einer möglichst grossen Strecke, dann die Tracheotomie machten und darauf die Bauchhöhle nach Unterbindung der beiden Art. mamm. intern. so aufschnitten, dass wir das Zwerchfell in seiner ganzen Ausdehnung bequem überblicken konnten. Nur in wenigen Versuchen haben wir, wie auch Eckhard bisweilen gethan hat (l. c. p. 136), uns zu Anfang durch den Stand der Leber von dem Stande des Zwerchfells zu unterrichten

gesucht. Dies schien uns indess doch zu unsicher. Wir haben einigen Kaninchen vorher Opiumtinctur injicirt, einigen das Gehirn exstirpirt, Blutungen herbeigeführt und wider Willen bekommen, ohne dass wir diesen Eingriffen einen wesentlichen oder bestimmten Einfluss auf unsere Resultate zuschreiben könnten.

Von besonderer Wichtigkeit für unsere Experimente war die allmälige Verschiebung der secundären Spirale, wodurch leicht ein Uebergang von schwächeren zu stärkeren Strömen möglich wurde. Noch wichtiger aber war uns die sehr einfache und sinnreiche Methode Pflüger's, den Strom der secundären Spirale durch einen dicken Draht zu leiten und durch Entfernung des Drahtes ihn plötzlich auf den Nerven zu senden (l. c. p. 18). Dies war das einzige Mittel, mit Präcision zu entscheiden, wie sich die Sistirung des Zwerchfelles verhielt, wenn der Strom zur Zeit der Inspiration oder zur Zeit der Exspiration hereinbrach; auch konnte nur mittelst dieser Vorrichtung die Reizung der undurchschnittenen Vagi leicht bewerkstelligt werden.

Es mögen nun zunächst die Beschreibungen einiger Experimente nach unsern Protokollen folgen. Auf der rechten Seite sind die Eingriffe unsererseits, auf der linken die Reactionen des Kaninchens verzeichnet.

Wir bezeichnen mit Strom I den Strom eines Schmidt'schen Inductionsapparates aus Halle, wo die secundäre Spirale 1 Decimeter von der primären entfernt war, mit Strom II, wenn die beiden Spiralen sich berührten, mit Strom III, wenn sie über einander gehoben waren. Mit Strom —I bezeichnen wir die Ströme bei mehr als 1 Decimeter entfernter secundärer Spirale.

Experiment I.

Blosslegung beider Vagi	40 **Respirationen in $1/4$ Minute.**
Tracheotomie	45 „ „ „ „
einige Minuten später	42 „ „ „ „
noch später	40 **(unregelmässig).**
Durchschneidung beider Vagi . .	15 „

Eröffnung der Bauchhöhle und Unterbindung der Art. mamm.	
Strom —I	40 (unregelmässig).
ditto	50 (weniger unregelmässig).
2 Minuten später ohne Strom . .	40 (ganz unregelmässig).
Strom II	Stillstand in Erschlaffung.
unmittelbar nachher	„ „ Contraction.
darauf	24 p. 1/4 M.
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
unmittelbar nachher	„ „ Contraction p. 1/4 M.
darauf	25 p. 1/4 M.
Strom III	Erschlaffung 1/4 M. lang.
darauf	Contraction 1/4 M. lang.
nachher	22 p. 1/4 M.
Strom I	Stillstand in Contraction.
nachher	„ „ „ einige Secunden.
Strom —I	Unregelmässige seltene Bewegungen, so dass meist Contractionszustand vorherrscht und mitunter eine einzelne Exspiration erfolgt.
Strom I	Stillstand in Contraction. Beim Abheben der Vagi eine Exspiration, darauf wieder 1/8 Minute Stillstand in Contraction.
nachher	17 Resp. p. 1/4 M.
Strom I	Stillstand in Contraction.
Verstärkung des Stroms von I zu II	Uebergang von Contraction zu völliger Erschlaffung.
nachher	Stillstand in Contraction.
nachher	16 p. 1/4 M. ergiebig und regelmässig.
Wiederholt	mit demselben Erfolge, aber nach der Contraction Athmung mit vorherrschender Contraction.

1 Minute nachher	13 p. $^{1}/_{4}$ M.
Wiederholt	ebenso.
	Die Exspirationen sind kürzer als die Inspirationen.
Wiederholt	ebenso.
Plötzliches Hereinbrechen des Stromes nach Pflüger's Methode:	
Strom I	Stillstand in Contraction.
nachher	ergiebige Athmung.
Wiederholt	Contraction.
nachher	Contraction, dann Respiration mit vorherrschender Inspiration.
Strom II plötzlich	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	„ „ Contraction.

Bei Reizung mit Strom III macht das Thier noch heftige Bewegungen, aber es tritt bald Erschlaffung, bald Contraction ein, bald dauern die Respirationen ungestört fort.

Experiment II.

Tracheotomie	12—13 p. $^{1}/_{4}$ M. Respirationen.
Oeffnung der Bauchhöhle, Unterbindung der Art. mamm. . . .	16 p. $^{1}/_{4}$ M.
Blosslegung der Vagi, Unterbindung der Carot. sinistr.	
Durchschneidung beider Vagi . .	5 p. $^{1}/_{4}$ M.
Strom —I	4 p.
nachher	4 p.
Strom I	Stillstand?
ditto	8 p.
nachher	7 p.
Strom I	7 p.
Strom II	Stillstand in mittlerer Spannung.
nachher	Contraction.
später	10 p.

Strom II	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	„ „ Contraction.
gleich darauf	13 p.
Strom zwischen I und II	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	„ „ Contraction.
gleich darauf	8 p.
Strom zwischen I und II	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	„ „ Contraction.
darauf	10 p.
Strom I	ebenso.
dreimal wiederholt	mit gleichem Erfolge.
Strom III	ebenso.
nachher	11—12 p.
Stromverstärkung I bis II . . .	Fortdauer des Rhythmus.
zwischen II und III	Stillstand in Erschlaffung mit folgender Contraction.

Gehirnexstirpation und Erholung der Nn. vagi.

Strom II	Stillstand in Contraction.
ditto	ebenso.
ditto	Contract. mit kleinen Erschlaffungen.
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
ditto	ebenso.
nachher	etwas Contraction.
ditto	ebenso.
nachher	13 p.
Strom I	12 p.
Strom zwischen I und II	Stillstand in Erschlaffung.
Einstich ins Zwerchfell.	
Strom I	ohne Wirkung.
Strom II und III	Erschlaffung mit folgender Contraction.
Berührung der Halsmuskeln mit den Drähten	starke Contractionen des Zwerchfells.

Experiment III.

Blosslegung der Vagi	21 Resp. p. 1/4 M. (unregelmässig).
Tracheotomie (starke Venenblutung)	27 „
Oeffnung der Bauchhöhle	24 „
Durchschneidung beider Vagi . .	11 „
2 Minuten später	15 „
Strom I	15 (?)
ditto	Stillstand mehr in Contraction.
nachher	10 p.
ditto	Stillstand ganz in Contraction.
nachher	10—11 p.
Strom II	Stillstand in Contraction.
nachher	„ „ starker Contraction mit Einwärtsbiegung der Rippen.
darauf	14 p.
ditto	ebenso.
nachher	17 p.
wiederholt	ebenso.
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	„ „ Contraction.
Linker Vagus Strom III	„ „ Erschlaffung.
Rechter Vagus Strom III	„ „ Erschlaffung.
Vagus und irgend ein Theil des Halses mit Strom III	Contraction des Zwerchfells.
Strom I—II beide Nn.	Contraction.
Strom I	ebenso.
Erholung der Vagi.	
nachher	16 p.
Strom I	13 p.
nachher	15 p.
Strom II	Stillstand in Contraction.
ditto	ebenso.
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
nachher	starke Contraction.

Erholung der Vagi.	
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
Verstärkung von Strom II zu III .	Uebergang von Contraction zu Erschlaffung.
7mal wiederholt	mit demselben Erfolge.
Enthirnung.	
Verstärkung von Strom II zu III .	Contraction und Uebergang in Erschlaffung.
nachher	Contraction.
Wiederholt	ebenso.
	Nach mehrmaliger Wiederholung findet keine starke Erschlaffung mehr statt; indess ist der Stillstand in Erschlaffung bei Strom III von dem in Contraction bei Strom II deutlich zu unterscheiden.
Erholung der Nn.	
Strom III	Erschlaffung.

Experiment IV.

Blosslegung der Vagi	32 Resp. p. 1/4 M.
Durchschneidung des rechten Vagus	19 „
1 Minute später	24 „
„ „	28 „
„ „	24 „
Durchschneidung des linken Vagus	11 „
1/2 Minute später	17 „
„ „	20 „
„ „	20 „
Tracheotomie	21 „
1/2 Minute später	26 „
„ „	33 „
Oeffnung der Bauchhöhle	31 „

Rechter Vagus Strom I	21 (unregelmässig).
nachher	25 ditto.
Rechter Vagus Strom I	34 mit Pausen.
„ „	36 ditto.
nach der Reizung	26 (unregelmässig).
Linker Vagus Strom I	Stillstand in Contraction.
nachher	30 p. 1/4 M.
Rechter Vagus Strom II	Stillstand in Inspiration.
ditto	ebenso.
Rechter Vagus Strom III . . .	Stillstand in Exspiration.
ditto	„ in Inspiration.
Linker Vagus Strom III	Stillstand in Exspiration.
nachher	„ in Inspiration.
2mal wiederholt . . .	ebenso.
2 Minuten nachher . .	44 p. 1/4 M.
Beide Vagi Strom I	55 „ (kaum zu zählen).
„ Strom II	Stillstand in Inspiration.
nachher	„ 1/2 Minute lang.
nachher	38 p.
Wiederholt	ebenso.
Beide Vagi Strom III	Stillstand in Exspiration.
Vollständige Oeffnung des Bauches	
Strom III	Stillstand in Exspiration.
nachher	„ in Inspiration.
Strom II	„ in Inspiration.
Uebergang zu Strom III	Uebergang in Exspiration.
5mal wiederholt	mit demselben Erfolge.

Experiment V.

Blosslegung der Vagi	22 Resp. p. 1/4 M.
Tracheotomie mit starker Venenblutung. Einlegung einer Glasröhre in die Luftröhre	10 p. 1/4 M.
darauf	11 „

Herausnahme der Röhre	25 p. 1/4 M.
Einlegung der Röhre	8 „
Herausnahme der Röhre	21 „
Durchschneidung der Vagi . . .	6 „
später	9 „
mit Röhre	9 „
Eröffnung des Bauches	7 „
Strom — I	Stillstand in Exspiration.
ditto	ebenso.
Spirale II 2 Decimeter von Spirale I entfernt	Stillstand zwischen In- und Exspiration.
3 Decimeter entfernt . . .	Stillstand mehr in Inspiration.
4 Decimeter entfernt . . .	4 p. 1/4 M.
Gehirnexstirpation . .	11 „
Strom —I	Stillstand in Exspiration.
3 Decimeter entfernt . . .	ditto.
nachher	6 p. 1/4 M.
3 Decimeter entfernt . . .	Stillstand in Exspiration.
Strom I	Stillstand in Exspiration bleibt 10 Secunden nach der Reizung.
Strom II	Stillstand in Contraction.
Strom III	ebenso.
nachher	13 p.
Strom II	Zuerst Contraction, dann 12 p. 1/4 M. während der Reizung.
Strom I	10—11 p. 1/4 M.
Schonung der	Nerven.
Strom I	8 p. 1/4 M.
nachher	9 p.
Strom II.	Stillstand in Contraction.
Strom III	ditto.
nachher	stärkere Contraction.
nachher	16 p.

Strom III	Stillstand in Contraction.
nachher	bleibt Contraction.
nachher	schnelle und flache Respiration.
Strom I	14 p. 1/4 M.
Strom II	Stillstand in Contraction mit sehr flacher Respiration.
Strom III	Stillstand in Contraction.
Durchschneiden der Medulla oblongata	Stillstand in Erschlaffung.

Experiment VI.

Blosslegung der Vagi	15 Respirationen p. 1/4 M.
Tracheotomie	19 „ „
Mit Röhre in der Trachea . . .	12 „ „
Ohne Röhre	20 „ „
Mit Röhre	13 „ „
Eröffnung des Bauches	38 „ „
Durchschneidung beider Vagi . .	15 „ „
2 Minuten später	16 „ „
Strom —I	12 „ „
nachher	17 „ „
Strom —I	11—12 „ „
nachher	18 „ „
Strom I	Stillstand in Contraction mit kleinen flachen Respirationen.
ditto	Stillstand in vollständiger Contraction.
nachher	16 p.
Strom —I	11—12 p. unregelmässig.
nachher	15 p.
Strom —I	9—10 p.
nachher	14 p.
Strom I	starke Contraction mit Einwärtsbiegung der Rippen; hin u. wieder einzelne Zuckungen des Zwerchfells.

Strom II	Stillstand in starker Contraction bleibt 10 Secunden nach dem Aufhören des Stromes.
später	flache Respiration.
später	tiefe „
ditto	ebenso.
ditto	ebenso.
Strom zwischen II und III . . .	ebenso.
nachher	lang dauernde Contraction.
Strom III	zweifelhaft wegen heftiger Bewegungen des Thieres.
nachher	starke Contraction, dann flache, später tiefe Respirationen.
Plötzliches Hereinbrechen.	
Strom III	Erschlaffung.
nachher	Contraction.
Strom III	Erschlaffung.
nachher	Contraction.
5mal wiederholt	ebenso.
Strom III	Contraction.
nachher	Contraction.
2mal wiederholt	ebēnso.
Strom III	keine Wirkung; die Respiration geht fort.
Erholung der Vagi.	
nachher	15 p.
Strom III	Erschlaffung.
nachher	Contraction.
Strom III	Erschlaffung.
nachher	Contraction.
9mal wiederholt	mit gleichem Erfolge.

Beim Unterbrechen des Stromes geht der Contraction des Zwerchfells eine oder mehrere unregelmässige Respirationen vorher.

Strom zwischen II und III.	
Plötzlich bei Inspiration	sofort Erschlaffung.
„ „ Exspiration	sofort stärkere Exspiration und Stillstand.
2mal wiederholt	ebenso.
Strom II. Plötzlich bei In- und Exspiration	immer Stillstand in Contraction.

Experiment VII.

Blosslegung der Vagi	29 Respirationen p. 1/4 M.
Eröffnung der Bauchhöhle . . .	25 „ „
Tracheotomie	47 „ „
später	50 „ „
Eine Nadel wird in das Herz gestochen.	
Strom I	Stillstand in Contraction.
	Herz bewegt sich fort.
ditto	ebenso.
nachher	35 p.
Strom II	Stillstand in Contraction.
	Stillstand des Herzens.
Strom III	Stillstand in Erschlaffung.
	Stillstand des Herzens.
Strom III. Plötzlich	ebenso.
	nachher Contraction.
Strom III. Berührung der Muskeln des Halses	Stillstand in Contraction.
Strom III ohne Berührung der Muskeln	Stillstand in Erschlaffung.
6mal wiederholt	ebenso.
Strom I	keine Wirkung.
Strom II	Stillstand in Contraction.
	Stillstand des Herzens.

Wir wollen nun die Resultate unserer Experimente unter den uns wichtig scheinenden Gesichtspunkten zusammenfassen.

1) Es zeigt sich durchgängig die alte Erfahrung bestätigt, dass nach Durchschneidung der Vagi eine Abnahme der Frequenz der Athemzüge stattfindet und die Respiration unregelmässig wird. Traube hat hierüber bereits eine grosse Anzahl genauer Beobachtungen angestellt (Beiträge zur experimentellen Pathologie und Physiologie, Heft I, 1846, p. 102, Anmerkung und seine einzelnen Experimente) und auch die Ursache dieser auffallenden Verlangsamung zu erfahren gesucht, indem er gegen Longet die Verengerung der Stimmritze nach Durchschneidung der Vagi nicht als den alleinigen Grund ansieht. Dies geht aus seinem 10. Experimente auch entschieden hervor (p. 102), wo die Anzahl der Respirationen zu Anfang 96, nach Durchschneidung der Laryngei inf. 60, nach Durchschneidung der Vagi 14 betrug. Dass indess die Verengerung der Stimmritze einen gewissen Einfluss auf die Verlangsamung der Respiration hat, geht gleichfalls aus demselben Experimente hervor und auch unsere Experimente zeigen, dass:

a. nachdem die Durchschneidung der Vagi die Zahl der Respirationen vermindert hat, durch Erweiterung der Athmungsöffnung mittelst der Tracheotomie die Zahl der Athemzüge sich vermehrt. Wurde zuerst die Durchschneidung der Vagi und dann die Tracheotomie gemacht, was in 3 Experimenten geschah, so fanden wir:

vor Durchschneidung der Vagi:	36 ;	60 ;	128,
nach derselben:	24 ;	24 ;	44,
nach der Tracheotomie:	44 ;	32 ;	84.

Hier wurde also durch Aufhebung der Verengerung die frühere Frequenz einmal übertroffen, zweimal aber nahm sie durch die Tracheotomie zu, blieb aber geringer, als vor Durchschneidung der Vagi.

b. Ohne Durchschneidung der Vagi wird durch eine Verengerung der Athmungsöffnung die Zahl der Athemzüge sehr verringert, denn durch Einlegen einer Röhre in die Trachea, wie in Experiment VI, fiel die Zahl der Athemzüge von 80 auf 52.

Im vorhergehenden Experiment V zeigt sich dieselbe Abnahme der Athmungsfrequenz, beim Einlegen der Röhre, während unmittelbar nach der Durchschneidung der Vagi die Frequenz noch geringer wird, in einigen Minuten aber auf dieselbe Zahl, wie bei Einlegung der Glasröhre steigt, und nun durch die Verengerung der Athmungsöffnung (nach Durchschneidung der Vagi) keine Veränderung in der Zahl der Athemzüge mehr hervorgebracht wird.

Man kann sich von der Abnahme der Athmungsfrequenz durch Verengerung der Athmungsöffnung am einfachsten überzeugen, wenn man einem Kaninchen oder auch sich selbst die Hälfte der Nase zuhält.

c. Wurde zuerst die Tracheotomie gemacht und dann die Vagi durchschnitten, so fanden wir z. B. in Experiment II nach der Tracheotomie 64, nach der Durchschneidung der Vagi 20 Respirationen in der Minute. Desgleichen in anderen Experimenten:

vor der Durchschneidung: 180 ; 48 ; 48 ; 108 ; 100,
nach derselben: 60 ; 28 ; 20 ; 44 ; 36.

Hier blieb also die Athmungsöffnung immer dieselbe und trotzdem sank die Frequenz nach Durchschneidung der Vagi.

d. Die Tracheotomie an sich scheint eine grössere Frequenz zu bedingen, wie aus Versuch III, V, VI, VII und noch zwei hier nicht beschriebenen Versuchen hervorgeht, wo nach der Blosslegung der Vagi 160, nach der Tracheotomie 180 Respirationen notirt sind. In einem Versuche wurde indess durch die Tracheotomie nichts geändert, die Zahl blieb 36.

Wenn also auch einerseits Verengerung der Athmungsöffnung geringere Frequenz der Athemzüge bedingt, so tritt andererseits dasselbe Phänomen nach Durchschneidung der Vagi ein, wenn keine Verengerung der Athmungsöffnung stattfindet. Wir müssen daher dem Ausspruch Traube's beistimmen, „dass die Ursache der so bedeutenden Verminderung der Athemzüge nach Durchschneidung der Vagi reell noch nicht gefunden ist“.

Vergleichen wir den Einfluss der Durchschneidung des Vagus auf die Respiration mit dem auf die Herzbewegung, so zeigt sich das Entgegengesetzte: die Durchschneidung der Vagi bedingt eine viel grössere Frequenz der Herzschläge und eine viel geringere Zahl der Athemzüge.

2) Sehr schwache Ströme des Inductionsapparates brachten in 4 Experimenten eine Vermehrung, in 5 Experimenten eine Verminderung der Athmungsfrequenz hervor, während in den meisten Experimenten entweder gar kein Einfluss auf die Athmung ausgeübt wurde, oder, bei Verstärkung des Stromes, ein Stillstand des Zwerchfells erfolgte. Diese Angaben bedürfen aber einer genaueren Kritik. Es kommen nämlich bei Kaninchen sehr grosse Differenzen in der Tiefe und Ergiebigkeit der Athemzüge vor, mit denen die Frequenz derselben in nahem Zusammenhange steht. Diese zwei Arten von Athmung, mit sehr kleinen, kaum zählbaren Excursionen des Zwerchfells und mit sehr tiefen, langsamen Bewegungen wechseln nun bei schwachen Strömen mitunter so ab, dass z. B. 20 flachen Respirationen eine tiefe Athmung folgt. Bei jenen ist aber das Zwerchfell immer mehr in der Inspirationsstellung. Dieser Art waren nun auch die Athembewegungen da, wo eine Zunahme der Athemfrequenz notirt wurde, während bei der Abnahme der Frequenz in jenen 5 Versuchen sehr ergiebige Respirationen stattfanden. Man wird also das Verhältniss auch so auffassen können, und diese Auffassung scheint uns die richtigere zu sein: Durch sehr schwache, eben noch wirksame Ströme wird ein überwiegender Contractionszustand des Zwerchfells herbeigeführt, der entweder von sehr kleinen, häufigen Respirationen begleitet, oder durch seltene, ergiebige Respirationen unterbrochen wird; so dass derselbe Effect hervorgebracht wird, den stärkere Ströme in auffallenderer Weise herbeiführen, nämlich theils durch vollständige Sistirung der Athmung, theils durch Sistirung auf längere Zeit.

In den meisten Experimenten wurde auch entweder keine Wirkung, oder bei allmäliger Verstärkung des Stromes ein Stillstand

des Zwerchfells beobachtet (conf. Eckhardt l. c. p. 136 und Kölliker und Müller l. c. p. 234).

3) Mittelstarke Ströme bringen einen Stillstand des Zwerchfells in Contraction, also in Inspiration hervor. Die Stärke der Ströme ist freilich nicht anzugeben, nur so viel ist gewiss, dass sie in ziemlich weiten Grenzen bei demselben Nerven und nahezu gleicher Reizbarkeit schwankt; denn man kann die secundäre Spirale meist in einem Raume von 6—8 Centimeter verschieben, ohne eine Veränderung in der Wirkung hervorzubringen. Sehr gross sind dagegen die Differenzen für verschiedene Individuen. Bei frischen Vagi, die nicht gezerrt und schnell durchschnitten worden waren, haben wir Stillstand des Zwerchfells in Inspiration bekommen, wenn die secundäre Spirale 3 Decimeter von der primären entfernt war, während sie in anderen Fällen einige Centimeter über die primäre geschoben werden musste, um Stillstand des Zwerchfells in Contraction hervorzubringen.

Dieser Stillstand in Inspiration lässt sich durch die Leberstellung bei nicht geöffnetem Peritonäum, viel besser aber durch directe Inspection des Zwerchfells bei weit geöffnetem Bauche constatiren. Man sieht hierbei das Zwerchfell nicht nur flach werden, sondern bemerkt auch sehr deutlich die Contraction der einzelnen Muskelbündel; indess bekommt man bei einer solchen Reizung nie den höchsten Grad der Contraction des Zwerchfells, wovon man sogleich durch die Erscheinungen nach dem Aufhören des Stromes überzeugt wird. Es hat sich nämlich fast constant in unsern Experimenten gezeigt, dass nach der Einwirkung des Stromes auf die Vagi, welcher das Zwerchfell in Contraction still stehen macht, jedesmal eine noch stärkere Contraction erfolgt, bei der die Rippen stark einwärts gezogen werden. Erst wenn diese Contraction vorüber ist, beginnt wieder die Athmung, aber oft auch so, dass der Contractionszustand des Zwerchfells einige Zeit vorherrscht. Andererseits ist dieser Zustand der Contraction während des Stromes sehr wohl von dem Stande des Zwerchfells in Exspiration zu unterscheiden, wie aus dem Folgenden noch deutlich werden wird.

Nur in zwei Experimenten (in Experiment V und einem hier nicht mitgetheilten) trat mit der Anwendung auch der schwächsten Ströme, die eben noch wirksam waren, sogleich Stillstand des Zwerchfells in Exspiration ein, und zwar in dem einen nur zu Anfang vielleicht wegen sehr grosser Reizbarkeit der Vagi, in Experiment V dagegen zeigte sich die Wirkung der Ströme gerade umgekehrt, wie in allen übrigen Versuchen, indem schwache Ströme eine Erschlaffung, starke Ströme eine Contraction desselben hervorbrachten. Gleichwohl konnte hier an ein Ueberspringen des Stromes auf die Phrenici nicht gedacht werden, denn erstens wurden die Vagi ebenso isolirt auf die Drähte gelegt, wie in allen übrigen Experimenten, zweitens fand immer nach dem Aufhören der Reizung eine noch stärkere Contraction des Zwerchfells statt, während die Contraction dieses Organs nach der Reizung des Phrenicus scheinbar augenblicklich aufhört. Wir haben keinen Grund für diese Ausnahme finden können.

4) Starke Ströme bringen einen Stillstand des Zwerchfells in Exspiration oder in Erschlaffung hervor. Die Stärke der Ströme kann hier auch sehr variiren, je nach der Reizbarkeit des Nerven, und man kann nur sagen, dass ein Strom, welcher stärker ist, als der, bei dem das Zwerchfell in Contraction still steht, eine Erschlaffung des Zwerchfells herbeiführt.

Dass man den Stand des Zwerchfells in Exspiration von dem in Inspiration in den meisten Fällen durch blosses Anschauen unterscheiden könne, wird jeder zugeben, der Experimente dieser Art öfter angestellt hat. Bei dem Misstrauen gegen uns selbst aber, welches für jeden Beobachter Pflicht ist, namentlich wenn es sich um ein unerwartetes Phänomen handelt, war es uns eine grosse Beruhigung, auf zwei Wegen mit der grössten Evidenz diese Unterschiede anschaulich zu machen. Das eine Mittel war das plöstzliche Hereinbrechen des Stromes nach Pflüger's Methode, das zweite bestand in der allmäligen Verschiebung der secundären Spirale und damit verbundener Verstärkung des Stroms.

a. Hatten wir die Vagi auf die zuleitenden Drähte gelegt, während der Strom abgeleitet war, und liessen nun plötzlich den Strom hereinbrechen, so sahen wir das Zwerchfell stark heraufsteigen, wenn wir in der Inspiration schlossen, und dasselbe weniger heraufsteigen, wenn wir in der Exspiration geschlossen hatten. Dieses Heraufsteigen war für uns um so deutlicher, als wir vorher das Entgegengesetzte bei Anwendung schwächerer Ströme gesehen hatten. Ferner: hatten wir durch Anwendung plötzlich hereinbrechender starker Ströme das Zwerchfell in Erschlaffung versetzt und leiteten nun den Strom plötzlich wieder ab, so ging das Zwerchfell sofort herunter und blieb mehrere Secunden lang in Contraction still stehen. Während dieser Contraction liessen wir wieder den Strom auf die Vagi einwirken und sofort ging das Zwerchfell herauf.

b. Hatten wir den Strom einwirken lassen, bei welchem Stillstand in Contraction erfolgte, so sahen wir, beim allmäligen Schieben der secundären Spirale über die primäre, die Contraction in Erschlaffung übergehen, während das Entfernen der Drähte sofort ein Herabtreten des Zwerchfells zur Folge hatte.

Es ist hierbei natürlich nothwendig, dass keine Stromschleifen auf den Phrenicus einwirken, denn dann tritt sogleich eine starke Contraction des Zwerchfells auf. Man muss daher jede Berührung eines andern Theiles, als der Vagi sorgfältig vermeiden, kann sich aber auch durch Berührung der Halsmuskeln, oder der Haut, oder der Luftröhre von dieser Wirkung vergewissern; sie tritt natürlich bei diesen starken Strömen auch ein, wenn man nur die Halsmuskeln ohne die Vagi reizt.

Aus drei Experimenten ging aber hervor, dass nach öfterer Reizung der Vagi und wahrscheinlich Erschöpfung derselben keine Erschlaffung des Zwerchfells mehr zu erzielen ist, was natürlich keinen Einwurf gegen unsern Satz begründen kann.

Vergleicht man mit diesen Erscheinungen den Einfluss der Vagusreizung auf das Herz, so zeigt sich, dass beide nach den bis jetzt vorliegenden Erfahrungen durchaus nicht vergleichbar sind, indem ja Reizung der peripherischen Vagi stets Erschlaffung der

Herzmuskeln zur Folge hat und keine Contraction eintritt. Wir können daher die Vergleiche Eckhardt's, gegen die schon Pflüger verschiedene Gründe geltend gemacht hat, nicht billigen. Ueberhaupt ist es ein Factum ohne alle Analogie in der Nervenlehre, dass schwache Ströme eine Contraction, starke Ströme die Erschlaffung eines Muskels veranlassen. Wir müssen dabei ausdrücklich bemerken, dass hier von einer Hyperelektrisirung der Vagi keine Rede sein kann, denn wenn diese Nerven hyperelektrisirt oder überhaupt nicht mehr reizbar sind, so zeigt sich gar keine Wirkung des Stromes auf die Respiration, dieselbe geht ungestört fort, mag man die centralen Vagi reizen oder nicht. Wir haben uns davon oft am Ende der Experimente zu überzeugen Gelegenheit gehabt.

Merkwürdig ist es, dass nach dem Aufhören der Reizung der Vagi immer noch eine starke Contraction des Zwerchfells folgt, die auch um so länger anzudauern scheint, je länger die Reizung gedauert hat. Ohne Zweifel sind hier Polarisationserscheinungen im Spiele. Beim Herzen findet dagegen nur eine längere Zeit dauernde Erschlaffung nach der Einwirkung des Stromes statt, wie sich überhaupt Herz und Zwerchfell nach Vagusreizung sehr wesentlich durch das gänzliche Fehlen von dauernden Contractionen bei ersterem Organ unterscheiden.

5) Es lag nahe, zu untersuchen, welchen Einfluss es hätte, wenn die Vagi während der Exspiration oder während der Inspiration gereizt würden. Wir haben hierüber viele einzelne Versuche gemacht, sind aber stets zu der Ueberzeugung gekommen, dass dieses Moment ohne allen Einfluss auf den definitiven Stand des Zwerchfells ist, dass dieser vielmehr unabhängig von dem momentanen Zwerchfellsstande sich nur nach der Stärke der Ströme richtet. Die Erscheinungen sind folgende: Reizt man im Momente der vollendeten Inspiration mit schwachem Strome, so wird die Inspiration noch etwas tiefer und das Zwerchfell steht still; reizt man im Momente der tiefsten Inspiration mit starkem Strome, so geht das Zwerchfell sofort in die Höhe. Reizt man dagegen zwischen In- und Exspiration, so sind die Erscheinungen nicht ganz constant; mitunter geht dem Stillstande in Exspiration noch eine tiefe Inspira-

tion vorher, mitunter nicht und umgekehrt. Wahrscheinlich rührt dieses daher, dass die Zeit zwischen Exspiration und Inspiration in viele kleine Zeiträume zerfällt, die alle verschieden weit von In- und Exspiration entfernt sind, und es nur darauf ankommt, welchen dieser Zeiträume man gerade trifft. Liegt ein solcher Zeitraum nahe an einer zu vollendenden Exspiration, so erfolgt diese vielleicht noch und dann erst tritt Inspirationsstillstand ein etc.

6) Bisher haben wir immer nur von der Reizung beider Vagi gesprochen, indess traten auch dieselben Erscheinungen ein, wenn nur ein Vagus in Anspruch genommen wurde. Der einzige Unterschied scheint der zu sein, dass die Ströme bei Application auf nur einen Vagus stärker sein müssen, und dass ein Vagus schneller erschöpft wird (vielleicht nur in Folge der stärkeren Ströme), indem nach einigen Wiederholungen keine Erschlaffung des Zwerchfells mehr zu erzielen ist. So viel geht aber mit Sicherheit aus unseren Beobachtungen hervor, dass immer das ganze Zwerchfell afficirt wird auch bei Reizung nur eines Vagus, dass also für beide Vagi ein gemeinschaftliches Centralorgan bestehen muss, von dem aus die Erregung der motorischen Nerven des Zwerchfells besorgt wird. Hierin findet sich eine Uebereinstimmung zwischen Herz und Zwerchfell, denn auch das Centralorgan des Herzens bringt nach Reizung nur eines Vagus das ganze Herz zum Stillstande.

7) Wir machen endlich noch auf das letzte Experiment aufmerksam, in welchem wir die unverletzten Vagi reizten. Dies ist ein mit der Pflüger'schen Vorrichtung sehr leicht anzustellendes und sehr hübsches Experiment, da es die gleichzeitige Wirkung der Vagi auf das Herz und das Zwerchfell zeigt. Nach Eröffnung der Bauchhöhle stachen wir zuerst, wie Middeldorpf gelehrt hat, eine Nadel in das Herz ein, um seine Bewegungen beobachten zu können. Dann isolirten wir die Vagi in möglichst grosser Ausdehnung; neigten den Kopf des Thieres ein wenig, so dass die Vagi schlaff waren und schoben bei abgeleitetem Strome die beiden Drähte, deren Enden in Siegellack isolirt befestigt waren, dar-

unter. Nun liessen wir einen schwachen Strom hereinbrechen und sahen das Zwerchfell in Contraction still stehen, während die Nadel im Herzen sich ungestört fortbewegte. Darauf liessen wir einen starken Strom einwirken: das Zwerchfell stand in Contraction still und das Herz bewegte sich nicht mehr. Liessen wir einen noch stärkeren Strom hereinbrechen, so ging das Zwerchfell in Exspiration über und das Herz stand still. Man bekommt dadurch einen Anhaltspunkt für die Stromstärken, die zur Sistirung dieser beiden Organe nothwendig sind: das Zwerchfell ist hiernach also durch schwächere Ströme zum Stillstande zu bringen, als das Herz, bei einer gewissen Stärke des Stromes steht das eine Organ in Contraction, das andere (wie wenigstens aus allen bisher angestellten Experimenten über den Herzstillstand zu schliessen ist) in Erschlaffung still, und bei sehr starken Strömen stehen beide in Erschlaffung still. Wir denken dieses Experiment noch öfter anzustellen, um die Verhältnisse der für beide Organe wirksamen Stromstärken zu ermitteln.

Es werden also durch Reizung des Vagus zwei Centralorgane in abnorme Thätigkeit gesetzt; das eine liegt im Herzen, und ist in mehreren Beziehungen erforscht, das andere liegt zwischen dem Abgange des Vagus und des Phrenicus und ist ganz unbekannt. Der Nervus vagus ist also ein Nerv, dessen Fasern centripetal, und doch nach entgegengesetzten Richtungen leiten.

Wir unterlassen es, den Versuch zu machen, eine Theorie der Vaguswirkung aus den vorliegenden Beobachtungen zu construiren, zu der uns noch gar zu viel zu fehlen scheint, und fassen nur das Hauptresultat unserer Experimente so zusammen:

Schwache Ströme des Inductionsapparates, auf einen oder beide Vagi applicirt, welche das Herz nicht zum Stillstande bringen, sistiren das Zwerchfell in *Contraction* oder *Inspirationsstellung*, stärkere Ströme lassen beide Organe in *Erschlaffung* still stehen.

Breslau, den 2. August 1857.